

**UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO CEARÁ - UECE**

Av. Dr. Silas Munguba, 1700 -
Campus do Itaperi, Fortaleza/CE

**VARIAÇÕES NO PADRÃO DE
RELEVO ASSOCIADAS AOS
DIFERENTES DERRAMES E
FORMAS VULCÂNICAS
PRESERVADAS NA PORÇÃO
CENTRAL DA PROVÍNCIA
MAGMÁTICA DO PARANÁ-
ETENDEKA.**

Eliza do Belem Tratz

Breno Leitão Waichel

Citação: TRATZ, E. B.;
WAICHEL, B. L. VARIAÇÕES NO
PADRÃO DE RELEVO
ASSOCIADAS AOS
DIFERENTES DERRAMES E
FORMAS VULCÂNICAS
PRESERVADAS NA PORÇÃO
CENTRAL DA PROVÍNCIA
MAGMÁTICA DO PARANÁ-
ETENDEKA. **Revista GeoUECE
(online)**, v. 08, n. 15, p. 178-192,
jul./dez. 2019. ISSN 2317-028X.



**VARIAÇÕES NO PADRÃO DE RELEVO ASSOCIADAS AOS DIFERENTES
DERRAMES E FORMAS VULCÂNICAS PRESERVADAS NA PORÇÃO
CENTRAL DA PROVÍNCIA MAGMÁTICA DO PARANÁ-ETENDEKA**

**RELIEF PATTERN VARIATIONS ASSOCIATED WITH FLOWS AND
VOLCANIC FORMS IN THE CENTRAL PORTION OF THE PARANA-
ETENDEKA MAGMATIC PROVINCE**

**VARIACIONES EN EL PATRÓN DE RELIEVE ASOCIADAS CON LOS
DIFERENTES DERRAMES Y FORMAS VOLCÁNICAS CONSERVADAS EN
LA PARTE CENTRAL DE LA PROVINCIA MAGMÁTICA DE PARANÁ-
ETENDEKA**

Eliza do Belem TRATZ¹

Breno Leitão WAICHEL²

¹ Professora da Faculdades Guarapuava, UNIGUA, e-mail: elizatratz@gmail.com

² Professor da Universidade Federal de Santa Catarina, e-mail: breno@cfh.ufsc.br

RESUMO

O presente artigo teve como objetivo o reconhecimento dos fatores condicionantes da paisagem associadas ao vulcanismo eocretáceo na região central da Província Magmática do Paraná - Etendeka-(PMPE). A partir da comparação de imagens orbitais com dados de campo e análises petrográficas foi possível concluir que ocorrem variações no padrão de relevo atribuídas aos diferentes derrames, configuração tectônica associada e formas vulcânicas preservadas: 1) As rochas ácidas correspondentes quimicamente ao Tipo Chapecó -Alto titânio Norte - (ATi-N) configuram platôs com baixa densidade de elementos geomorfológicos; 2) Os derrames tabulares maciços do Tipo Pitanga, Alto titânio Norte - ATi-N, conformam relevos de encostas suaves e vertentes levemente convexas. Estes derrames, expressam ainda feições importantes como fraturas tipo *pseudo-pillow*, indicativas de colocação da lava em ambiente úmido; 3) Os derrames *pahoehoe* baixo titânio Sul -BTi-S do Tipo Esmeralda, conformam as paisagens com maior variação em elementos de relevo. As paleocaldeiras identificadas na região, tubos de lava e cavidades subcrustais correlacionam-se a estes derrames que têm a última sequência intercalada a depósitos vulcanossedimentares complexos; 4) Os depósitos vulcanossedimentares incluem rochas sedimentares características de paleoambientes lacustres com piroclastos basálticos ressedimentados na matriz e depósitos hidroclásticos com predomínio de peperitos fluidais. No centro das paleocaldeiras ocorrem hialoclastitos. Estes depósitos são importantes indicativos de água no ambiente e as principais evidências de mudança climática para clima úmido durante a colocação das últimas sequências vulcânicas. A maior disponibilidade de água durante este período permitiu ainda o desenvolvimento de fases vulcânicas explosivas durante a colocação da última sequência *pahoehoe*.

Palavras-chave: Rochas vulcânicas. Província Magmática do Paraná-Etendeka. Configuração do relevo.



ABSTRACT

The aim of this article is recognized landscape conditioning factors associated with volcanism in the central region of the Paraná-Etendeka Magmatic Province - (PEMP). The comparison of orbital images with field data and petrographic analysis, permits the division of four patterns based in the use of relief patterns attributed to different flows, associated tectonic aspects and preserved volcanic forms: 1) Acidic rocks from Chapecó Type -High titanium North - (ATi-N) set up plateaus with low density of geomorphological elements; 2) Tabular massive flows from Pitanga, North High Titanium - ATi-N form relevant reliefs of soft slopes and slightly convex slopes. These flows show pseudo-pillow fractures, indicate the emplacement in a humid environment; 3) Flows from Esmeralda-type Ti-S Low Titanium conform as landscapes with greater variation in the relief elements. The ancient volcanic cauldrons identified in the region, lava tubes and subcrustal caves correlate with these flows that are interspersed with volcano-sedimentary deposits; 4) volcanoclastic rocks composed of siltstones with volcanic contribution and peperites. Hyaloclastite occur at the center of volcanic cauldrons. These rocks are important indicators of water in the environment and major variations of climate change to wet climate during the emplacement of the latest volcanic sequences. The increased availability of water during this period also allowed the development of explosive volcanic phases during the emplacement of the pahoehoe flows.

Key-words: Volcanic rocks. Paraná-Etendeka Magmatic Province. Relief landform

RESUMEN

El objetivo del presente artículo es reconocer los factores acondicionadores del paisaje asociados con el vulcanismo eocretáceo en la región central de la Provincia Magmática de Paraná - Etendeka- (PMPE). A partir de la comparación de imágenes orbitales con datos de campo y análisis petrográfico, se concluyó que se producen variaciones en el patrón de relieve atribuido a los diferentes derrames, la configuración tectónica asociada y las formas volcánicas preservadas: 1) Las rocas ácidas correspondientes químicamente al Tipo Chapecó - Titanio Alto Norte - (ATi-N) configuran mesetas con baja densidad de elementos geomorfológicos; 2) Los derrames tabulares masivos del Tipo Pitanga, Titanio Alto Norte - ATi-N, conforman relieves de pendientes suaves y pendientes ligeramente convexas. Estos trazos también expresan características importantes, como fracturas *pseudo-pillow*, que indican la colocación de la lava en un ambiente húmedo; 3) Los derrames de *pahoehoe* bajo en titanio Sul-BTi-S de Tipo Esmeralda se ajustan a los paisajes con mayor variación en elementos de relieve. Las paleocalderas identificadas en la región, los tubos de lava y las cavidades subcrustales se correlacionan con estos derrames que tienen la última secuencia intercalada con depósitos volcánicos sedimentarios complejos; 4) Los depósitos volcánicos sedimentarios incluyen rocas sedimentarias características de paleoambientes lacustres con piroclastos basálticos resedimentados en la matriz y depósitos hidroclásticos con predominio de peperitas fluidas. En el centro de las paleocalderas se producen hialoclastitos. Estos depósitos son importantes indicadores de agua en el medio ambiente y las principales evidencias del cambio climático para el clima húmedo durante la colocación de las últimas secuencias volcánicas. La mayor disponibilidad de agua durante este período también permitió el desarrollo de fases volcánicas explosivas durante la colocación de la última secuencia de *pahoehoe*.

Palabras-clave: Rocas Volcánicas. Provincia Magmática de Paraná – Etendeka. Variaciones en el patrón de relieve.

1. INTRODUÇÃO

Os trabalhos de cunho geomorfológico, especialidade da geografia física focados na interpretação de relevos vulcânicos são infreqüentes no Brasil, onde grande parte dos estudos são direcionados a análises de paisagens e



flutuações climáticas quaternárias ou, na relação homem x meio ambiente, como exposto por De Meis (2016).

Todavia, 1,2 milhões de quilômetros quadrados do território brasileiro são recobertos por rochas vulcânicas que compõem a Província Magmática do Paraná-Etendeka-(PMPE), (MILANI et al, 2007). Rochas estas, que são provenientes de um dos “mais enigmáticos eventos vulcânicos da Terra”, (BRANNEY, 2008) e responsáveis pela conformação dos impressionantes planaltos basálticos do Sul.

Como esperado, em países com vulcanismo ativo as pesquisas acerca da geomorfologia vulcânica são mais comuns e vão além da demarcação de áreas de risco. Thouret (1999) frisa que este ramo da geomorfologia tem o papel de interpretar o relevo de acordo com o tipo de erupção, associar os produtos vulcânicos com fácies sedimentares correlativas e com isso, obter dados climáticos e paleogeográficos que sustentem um modelo de evolução da paisagem.

Dentro desta ótica, o presente trabalho apresenta os resultados da tese de Tratz (2017) que enfocam as diferenças de relevo associadas à arquitetura-(empilhamento) dos derrames e formas vulcânicas correlativas do centro-sul do Paraná, região central da PMPE, (mapa 1).

1.1. Apresentação da área de estudo

Na área predominam três litotipos de origem vulcânica diferenciáveis de acordo com a composição química, estrutura e relevo: a) derrames *pahoehoe* correspondentes quimicamente ao Tipo Esmeralda, baixo titânio sul - (BTi-S); b) rochas ácidas do Tipo Chapecó, alto titânio norte - (ATi-N) e basaltos tabulares maciços alto titânio norte - (ATi-N), do tipo Pitanga, (NARDY, 1995; PAIVA FILHO, 2000; NARDY, 2008; LOPES, 2008; TRATZ, 2009, 2017), vide mapa 1.

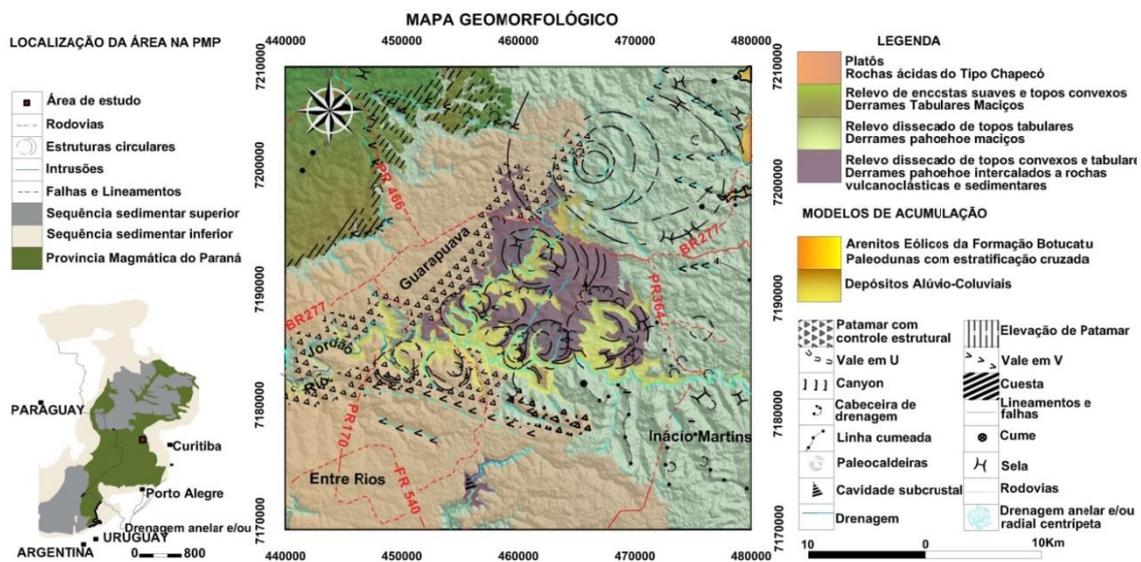
Associados aos derrames *pahoehoe* foram identificadas fácies sedimentares de difícil interpretação formadas por arenitos finos de grãos angulosos e subarredondados e siltitos com estratificação plano-paralela e cruzada pouco desenvolvida.



É comum nessas fácies a presença de piroclastos ressedimentados ou deformando os estratos, (TRATZ, 2017). Sobressaem ainda no relevo 12 estruturas circulares negativas condicionadas por associações de fraturas anelares completas, incompletas e radiais responsáveis pelo ordenamento da drenagem em padrões radial centrípeta, anelar centrípeta e associações entre os padrões, (mapa 1).

Em ambientes com vulcanismo ativo falhas como as descritas associam-se a processos de tumescência no magma e controlam a subsidência das caldeiras, (BRANNEY, 1995; WALTER e TROLL, 2001; WALTER, 2008).

Mapa 1 – Aspectos geomorfológicos com a localização da área de estudo na PMP



Fonte: Tratz (2017). Dados cartográficos na tabela 1.



Tabela 2 – Dados cartográficos do mapa geológico com a localização da área de estudo na PMPE

Informações técnicas e cartográficas do mapa geomorfológico.

Base Cartográfica	Ortoimagens: 1:50.000 - Consórcio Geoambiente/FOTOTERRA: SG. 22-V-D-II-2- O- MI 2837-2; SG. 22-V-D-II-4-MI 2837-4; SG. 22-V-D-III-MI 2838-1; SG. 22-V-D-III-3- MI 2838-3; SG. 22-V-D-III-4-I- MI 2838-4; SG. 22-V-D-V-2-1-MI 2852-2; SG. 22-V-D-VI-2-MI 2853-1. Imagens Orbitais: Imagens SPOT- <i>Satellite Pour l'Observation de La Terre</i> com resolução de 10 metros no modo multiespectral; Anaglifos de imagem ASTER- <i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection</i> com resolução de 15 metros; -Imagens: SRTM disponibilizadas pelo TOPODATA/INPE com resolução de 30 metros.
PMPE	Fonte: Waichel (2006).
Mapeamentos consultados	-LOPES, K. Caracterização morfológica, petrográfica e química dos derrames da província magmática do Paraná, com ênfase para as rochas aflorantes no município de Guarapuava. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná, 2008, 101p. -PAIVA FILHO, A. P. Estratigrafia e tectônica do nível dos riocitos pórfiros da Formação Serra Geral. Tese de doutorado, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro, SP, 2000, 268 p.
Dados técnicos	Projeção: UTM. Datum Vertical: Marégrafo-Imbituba-SC; Datum Horizontal: Córrego Alegre - MG.

Fonte: Tratz (2017).

2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

O reconhecimento de variações no padrão de relevo associadas aos diferentes derrames e configuração tectônica foi possível a partir de interpretações de imagens orbitais, incursões a campo e análises petrográficas. Para a descrição dos aspectos litológicos foram utilizados conceitos específicos da vulcanologia descritos nos quadros 1 e 2.

2. 1. Imagens de satélite utilizadas

As imagens orbitais utilizadas para a interpretações de relevo e elaboração de 3Ds foram: SPOT- *Satellite Pour l'Observation de La Terre* com resolução de 10 metros no modo multiespectral; Anaglifos de imagem ASTER- *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection* com resolução de 15 metros e Imagens SRTM disponibilizadas pelo TOPODATA/INPE com resolução de 30 metros.



2. 2. Análises petrográficas

As lâminas delgadas de rochas foram analisadas em microscópio petrográfico Olympus BX 41 no laboratório de laminação - LABLAM da Universidade Federal de Santa Catarina -UFSC. Enquanto que, as análises em microscópio eletrônico de varredura-MEV foram realizadas no Departamento de química - DEQ da Universidade Estadual do Centro Oeste -AMBIOTEC/GPEL.

As análises litoquímicas foram baseadas em diagramas extraídos de Tratz (2009), elaborados com base na compilação de dados químicos de Nardy et al, (2008) referentes às rochas ácidas; Lopes (2008) e Tratz (2009), que enfocaram a caracterização química das rochas ácidas e básicas da área.

2. 3. Produtos eruptivos associados à atividade vulcânica efusiva

São formados por atividades vulcânicas efusivas e diferenciados no quadro 1.

Quadro 1 - Produtos vulcânicos associados às atividades vulcânicas efusivas na área

Produtos vulcânicos associados às atividades vulcânicas efusivas reconhecidas na área	
Derrames <i>pahoehoe</i> por Macdonald (1953)	<i>Pahoehoe</i> é um termo havaiano utilizado para descrever derrames com estrutura interna bem definida em crosta inferior, núcleo e crosta superior. Estes derrames apresentam superfícies lisas, onduladas ou em corda.
Classificação dos derrames <i>pahoehoe</i> por Walker (1971)	
Derrames <i>pahoehoe</i> simples	Formados por uma única unidade de fluxo, são também denominados de maciços.
Derrames <i>pahoehoe</i> compostos	São conformados por unidades de fluxo distintas sobrepostas umas sobre as outras.
Derrames e lobos por Waichel et al, (2006)	
Derrames	Expressão utilizada para descrever derrames gerados por uma única e contínua efusão.
Lobo	Pequenos corpos de lava com forma de lobo em planta.
Conceito de Arquitetura de fácies	Este conceito é fundamentado nos diversos tipos de derrames, diferenciáveis entre si externa e internamente em função de variações nas taxas de efusão, condições ambientais e topográficas, (MC DONALD, 1953; WALKER, 1971; SELF et al, 1997; SELF et al, 1998; WAICHEL, 2006; WAICHEL et al, 2006; ROSSETI, 2011).

Fonte: Dados extraídos de: Macdonald (1953); Walker (1971); Self et al, (1997); Self et al, (1998); Waichel (2006); Waichel et al, (2006); Rosseti (2011).



2. 4. Piroclastos

Os piroclastos resultam da fragmentação do magma durante erupções explosivas e os reconhecidos na área de estudo encontram-se descritos no quadro 2.

Quadro 2 - Produtos vulcânicos associados à fases explosivas reconhecidos na área.

Produtos vulcânicos associados à atividades vulcânicas explosivas na área			
Por tamanho	Blocos e Bombas	> 64mm	
	<i>Lapilli</i>	2mm a 64 mm	
	Cinza	Cinza grossa	1/1 6-2 mm
		Cinza Fina	< 1/16 mm
Tipo de fragmentos	Fragmentos Juvenis	Magma fragmentado em erupção explosiva.	
	Vitroclastos	Fragmentos de vidro vulcânico.	
<i>Shard</i>	Termo aplicado para fragmentos vítreos de tamanho cinza.		
<i>Spatter</i>	Respingos de lava.		
Fragmentos balísticos	Fragmentos de lava e rocha ejetados durante atividades vulcânicas explosivas.		
Escória	Fragmentos vesiculares densos e muitas vezes coberto por uma capa vítrea.		

Fonte: Dados extraídos de: Walker e Croasdale (1971); Cas e Wright (1987); Mcphie (1993); Gill (2014); Jerram e Petford (2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Configuração tectônica

Á área de estudo faz parte do terceiro planalto paranaense, especificamente do Planalto de Guarapuava Sul. Prevaecem na área alinhamentos estruturais N-NW distensivos, NE-SW e NW-SE, os últimos citados foram reativados entre o final do Jurássico e início do Cretáceo permitindo o desenvolvimento dos corpos subvulcânicos e vulcânicos da PMPE, (MELFI et al, 1988; ZALÁN et al, 1990).



3.2 Relevos associados aos derrames

3.2.1 Rochas ácidas do Tipo Chapecó

Estas rochas, (figuras 1 A e B) compõem platôs com declividade em torno de 3%, configurando relevo plano em altos topográficos e com baixa densidade de elementos geomorfológicos. As declividades mais acentuadas somente são observadas nas zonas de contato com os derrames *pahoehoe* e são marcadas por bordas de patamares estruturais, (Figura 1D).

O modelado plano conferido às áreas (figura 1C) é atribuído: a) colocação do magma sobre um paleorelevo plano, fato indicado pelos acamamentos ígneos, (NARDY, 2008); b) maior resistência da rocha a erosão; e c) baixa densidade de falhas e fraturas, sobretudo, quando comparadas às unidades básicas.

3.2.2 Derrames tabulares maciços

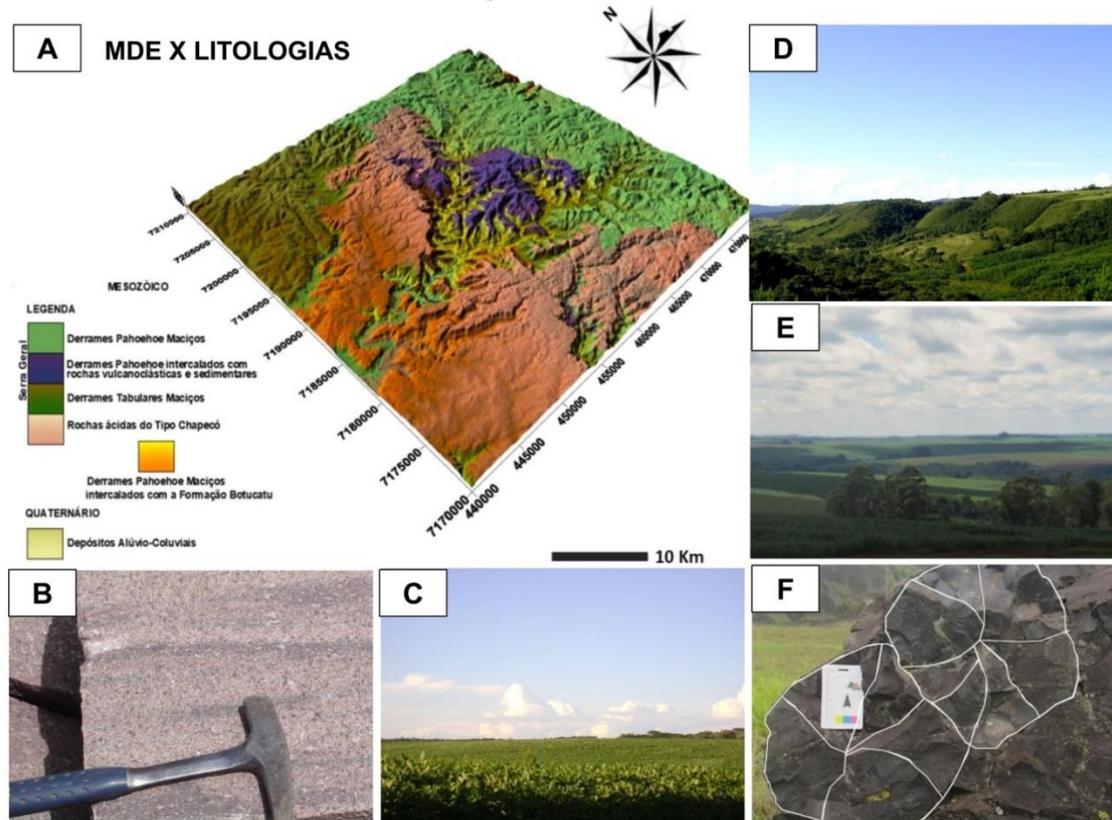
Nas áreas menos afetadas pela configuração tectônica a declividade varia de 3 a 8% configurando, segundo Florenzano (2008) e Valeriano (2008), relevo suave ondulado como na figura 1E. Assim como nas áreas recobertas pelas unidades ácidas, a densidade de elementos texturais de relevo é mais baixa e atribuída a menor densidade de falhas e fraturas.

Nestes derrames, não há evidência clara de zonas de base, deste modo, não foram classificados como *pahoehoe*. Contudo, estruturas importantes são reconhecidas, caso de sistemas de fraturas hexagonais tipo *pseudo-pillow* na figura 1F e estrias.

Conforme Forbes et al, (2014), estas estruturas são indicadoras de água no momento da colocação do magma. Portanto, sugerem clima úmido durante a colocação desta sequência, os últimos derrames colocados na área de estudo, (PAIVA FILHO, 2000; JANASI et al, 2011).



Figura 3 – Características das rochas ácidas, derrames *pahoehoe*, tabulares maciços e relevos associados



(A) – MDE com os contatos geológicos sobrepostos. (B) – Bandamentos característicos das rochas ácidas. (C) – Áreas planas comuns aos platôs. (D) – Borda de patamar estrutural. (E) – Relevo suave ondulado. (F) – Fraturas tipo *pseudo-pillow*. MDE gerado com curvas de nível de 5 em 5 metros extraídas da imagem 25S525 –SRTM, disponibilizadas pelo TOPODATA/INPE com resolução espacial de 30 metros.

Fonte: Banco de dados da pesquisa de Tratz (2017).

3.2.3 Derrames *pahoehoe*

Predominam na área e conformam as paisagens mais dissecadas, com declividades de 8 a 45%. A densidade de elementos geomorfológicos como

Figura 2 – Derrames tabulares maciços espessos.



Foto: Eliza do Belem Tratz, 2015.

selas, cabeceiras de drenagens e linhas cumeadas é maior e relaciona-se com:

a) o maior controle tectônico, que facilitou a instalação de sistemas de drenagens com formação de *canyons* e vales em v, sobretudo na Escarpa da Esperança (*cuesta*), área mais afetada pelo soerguimento do Arco de Ponta Grossa, (AB SABER, 2003); b) as



rochas são mais ricas em minerais mais facilmente alteráveis e óxidos o que as tornam mais suscetíveis à erosão.

De acordo com a arquitetura prevalecem os derrames maciços espessos da primeira sequência vulcânica, com até 70 metros. Segundo Waichel (2006), na PMPE os derrames com espessura entre 40 e 70 metros indicam proximidade com o conduto e espalhamento da lava em áreas de baixa declividade. Nestas áreas, os topos apresentam-se tabulares e as vertentes retilíneas, (figura 2).

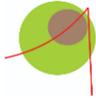
A última sequência, menos espessa associa-se também a derrames compostos que ocorrem intercalados às fácies sedimentares. Nestas áreas o relevo apresenta-se mais convexo e com maior variedade de elementos texturais.

3. 3 Formas vulcânicas preservadas: Paleocaldeiras, tubos de lava e cavidades subcrustais

As paleocaldeiras ocorrem concentradas na junção de lineamentos NW-SE e NE-SW e são expressas na paisagem pela morfologia circular de relevo negativo, como a estrutura Humaitá no 3D da figura 3 A. São compostas por derrames *pahoehoe* predominantemente maciços e rochas sedimentares com contribuição vulcânica.

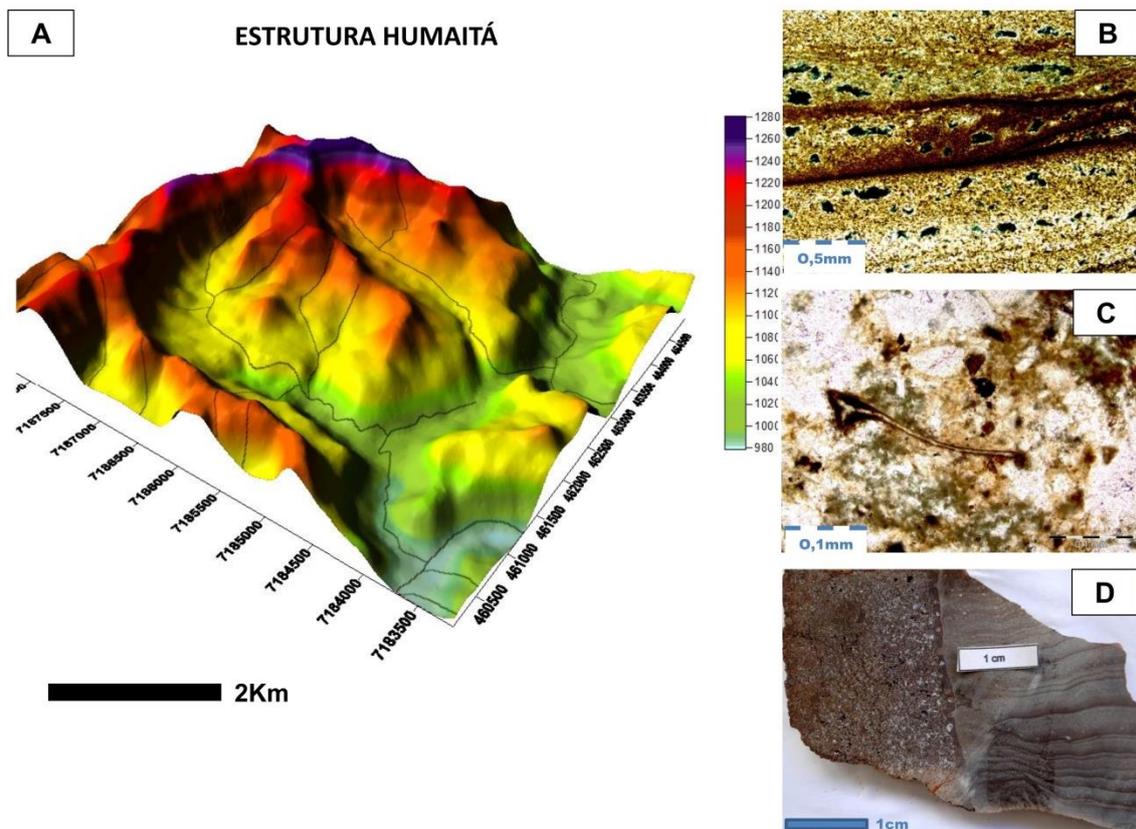
Há registros de derrames compostos restritos às bordas e porções centrais das paleocaldeiras estes, associam-se com fácies sedimentares e depósitos hidroclásticos; peperitos predominantemente fluidais e hialoclastitos, importantes indicadores de água no ambiente em que o magma foi colocado.

As fácies sedimentares correspondem a arenitos finos de grãos subarredondados e siltitos com estratificação plano-paralela e cruzada com estratos de 0,2 mm a 3 cm com acamadamento em ciclo granodecrescente, típicos de ambientes lacustres. Na matriz, (figura 3 B), ocorrem os seguintes piroclastos ressedimentados: *shards* como o da figura 3 C, fragmentos ígneos juvenis, vitroclastos e pequenas escórias basálticas.



São observados ainda, fragmentos balísticos e *spatter* (incipiente) no centro das paleocaldeiras, próximos a áreas em que as fácies sedimentares são cortadas por pequenos diques e apófises, (figura 3 D).

Figura 3 – 3D da Estrutura Humaitá e características dos depósitos vulcanossedimentares correlativos



(A) – 3D da Estrutura Humaitá. (B) – Piroclastos ressedimentados. (C) – *Shard*. (D) – Rocha sedimentar cortada por dique.

Fonte: Banco de dados da pesquisa de Tratz (2017).

Com o detalhamento destas fácies foi possível concluir que antes da colocação dos derrames da última sequência houve períodos de clima mais úmido, como já descrito por Waichel (2006), que perduraram por tempo suficiente para a formação de lagos rasos, na área, em ambiente intra-caldeira.

Durante as fases iniciais do último ciclo eruptivo, a maior disponibilidade de voláteis e o contato do magma com a água desencadearam ciclos explosivos responsáveis pela formação e deposição dos piroclastos, que segundo Mcdonald (1953, 1965), Walker e Croasdale (1971), Cas e Wrigh



(1987), Mcphie (1993), Parfitt e Wilson (1995), Vergnolle e Mangan (2000) e Cole et al, (2005), em vulcões basálticos concentram-se em torno do conduto.

Ainda em fase de vulcanismo ativo colapsos e movimentos gravitacionais de massa remobilizaram os piroclastos junto a matriz sedimentar. Como denota Gudmundsson (2012), esses processos são comuns em vulcões escudo.

Relacionam-se ainda aos derrames *pahoehoe* os tubos de lava descritos por Waichel et al, (2013) e cavidades subcrustais reconhecidos na PMPE. Cabe destacar que estas feições estão localizadas em áreas proximais ou centrais de estruturas circulares semelhantes às paleocaldeiras descritas neste trabalho.

4. CONCLUSÃO

A partir do estudo das fácies vulcânicas e sedimentares foi possível apontar que: 1) As rochas ácidas configuram relevos planos em altos topográficos: os platôs; 2) A interpretação dos derrames *pahoehoe* em conjunto com as fácies sedimentares e depósitos hidroclásticos permitiu ir além e concluir que durante a colocação dos derrames da ultima sequência houve variação climática para um clima mais úmido. Nesta fase, os sedimentos acumulados no interior das caldeiras foram saturados, houve a formação de lagos rasos e então, pelo acúmulo de voláteis e contato do magma com água foram iniciadas fases explosivas em ambiente intra-caldeira; 3) Os sistemas de fraturas *pseudo-pillow* indicam que o clima mais úmido perdurou até a colocação dos derrames tabulares maciços, os mais jovens.

5. AGRADECIMENTOS

À Faculdade Guarapuava e aos coordenadores do cursos de Agronomia e Engenharia civil pelo apoio na participação do XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.



6. REFERÊNCIAS

- AB' SÁBER, A.N. **Os domínios da natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003, 151 p.
- BRANNEY, M.J. Downsag and extension at calderas: new perspectives on collapse geometries from ice-melt, mining, and volcanic subsidence. **Bulletin of Volcanology**, v.57, n.5, p 303-318. 1995.
- BRANNEY, M.J.; BONNICHSEN, B.; ANDREWS, G.D.M.; ELLIS, B.; BARRY, T.L. MCCURRY, M. Snake River (SR)-typell volcanism at the Yellowstone hotspot track: distinctive products from unusual, high-temperature silicic super-eruptions. **Bulletin of Volcanology**, v.70, n.3, p. 293-314. 2008.
- CAS, R.A.F.; WRIGHT, J.V. **Volcanic successions, modern and ancient**. London: Allen and Unwin Ltd, 1987, p.546.
- COLE, J.W.; MILNER, D.M.; SPINKS, K.D. Calderas and caldera structures: a review. **Earth-Science Reviews**, v. 69, n. 1, p. 1-26.2005.
- DE MEIS, M. R. M.. Geógrafo Físico: Generalista ou Especialista? Espaço Aberto, v. 6, n. 1, p. 259-263, 2016.
- FLORENZANO, T.G. Sensoriamento Remoto para Geomorfologia. In: **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Ed. Oficina de Textos. 2008. p. 12-72.
- FORBES, A.E.S.; BLAKE, S.; TUFFEN, H. Entablature: fracture types and mechanisms. **Bulletin of Volcanology**, v.76, n.5, p.68-80. 2014.
- GILL, R. **Rochas e processos ígneos**: um guia prático. Tradução: Félix José Nonnenmacher. Revisão técnica: André Weissheimer de Borba. Porto Alegre: Bookman, 2014. 427p.
- GUDMUNDSSON, A. Strengths and strain energies of volcanic edifices: implications for eruptions, collapse calderas, and landslides. **Natural Hazards and Earth System sciences**, v.12, n.7, p. 2241-2258. 2012.
- JANASI, V.A.; DE FREITAS, V.A.; HEAMAN, L.H. The onset of flood basalt volcanism, Northern Paraná Basin, Brazil: A precise U Pb baddeleyite/zircon age for a Chapecó-type dacite. **Earth and Planetary-Science Letters**, v. 302, n.1, p.147-153. 2011.
- JERRAM, D.; PETFORD N. **Descrição de Rochas Ígneas**: Guia Geológico e de Campo; tradução: Ana Maria Pimentel Musuzaki, Rualdo Meneget-2 ed, Porto Alegre: Bookman: 2014. 264p.
- LOPES, K. Caracterização morfológica, petrográfica e química dos derrames da província magmática do Paraná, com ênfase para as rochas aflorantes no



município de Guarapuava. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná, 2008, 101p.

MACDONALD, G.A. Pahoehoe, a.a and block lava. **American Journal of Science**, v. 251 n.3 p. DOI: 10.2475/AJS.251.3.169AJS 169-191. 1953.
MCPHIE, J. **Volcanic Textures**: a guide for interpretation of textures in volcanic rocks. Hobart: Tasmanian Government Printing Office, 1993. 196p.

MELFI, A.J.; PICCIRILO, E.M.; NARDY, A.J.R. Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin-an introduction. In: MELFI, A.J. **The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1988. p.01-11.

MILANI, E.J.; MELO J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A; FRANÇA, A. B. (2007). Cartas Estratigráficas-Bacia do Paraná. Rio de Janeiro: Petrobrás. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. 15 (2): 265–28, 2007.

NARDY, A.J.R. **Geologia e petrologia do vulcanismo mesozóico da região central da Bacia do Paraná**. Rio Claro: IGCE-UNESP. 1995. 129 p.

NARDY, A.J.R.; MACHADO, F.B.; OLIVEIRA, A.F de. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: Litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n.1, p. 26-33. 2008.

PAIVA FILHO, A. P. Estratigrafia e tectônica do nível dos riodacitos pórfiros da Formação Serra Geral. Tese de doutorado, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro, SP, 2000,268 p.

PARFITT, E.A.; WILSON, L. Explosive volcanic eruptions IX. The transition between hawaiian-style lava fountaining and strombolian explosive activity. **Geophysical Journal International**, v,121, n. 1, p. 226-232.1995.

ROSSETTI, L. D. M. M. **Arquitetura de fácies vulcânicas da Formação Serra Geral na região de Feliz-Caxias do Sul**. 65 p. Trabalho de conclusão do curso de Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências. Porto Alegre, 2011.

SELF, S.; THORDARSON, T.H.; KESZTHELYI, L. Emplacement of continental flood basalt lava flows. In: MAHONEY, J.J; COFFIN, M.F (Eds). Large igneous provinces: continental, oceanic, and planetary flood volcanism. **Geophys. Union Geophys**, Monogr. 100, p 381-410.1997.

SELF, S.; KESZTHELYI, L.; THORDARSON, T. The importance of pahoehoe. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v.26, n.1, p.81-110. 1998.
THOURET, J.-C. Volcanic geomorphology-an overview.**Earth-science reviews**, v. 47, n. 1-2, p. 95-131, 1999.



TRATZ, E.B. **Geologia e geomorfologia das estruturas circulares na porção central da Província Magmática Paraná-Etendeka**. 149p (Doutorado em Geografia)- Programa de Pós Graduação em Geografia-Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

VALERIANO, M.M. **Topodata**: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-15318-RPE/818). 2008. 72p.

VERGNIOLE, S; M.; MANGAN, M. Hawaiian and Strombolian Eruptions. . In: SIGURDSSON, H; HOUGHTON, B; RYMER, H; STIX, J. (Eds.). **Encyclopedia of volcanoes**. San Francisco: Copyright by Academic, 2000, p. 447-462.

WAICHEL, B.L. **Estruturação de Derrames e interação lava-sedimento na Porção Central da Província Basáltica Continental do Paraná**. Porto Alegre: UFRGS. 2006. 108 p. Tese (Doutorado em Geociências)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

WAICHEL, B. L.; TRATZ, E. B.; PIETROBELLI, G.; JERRAM, D. A.; CALIXTO, G. R. BACHA, R. R.; TOMAZZOLLI, E. R.; SILVA, W. B. Lava tubes from the Paraná-Etendeka Continental Flood Basalt Province: Morphology and importance to emplacement models. *Journal of South American Earth Sciences* 48 (2013) 255-261, 2013.

WAICHEL, B. L; DE LIMA, E. F; SOMMER, C. A. (2006). Tipos de derrame e reconhecimento de estruturas nos basaltos da Formação Serra Geral: terminologia e aspectos de campo. **Pesquisas em Geociências**, 33(2), 123-133.

WALKER, G.P.L. Compound and simple lava flows and flood basalts. **Bulletin of Volcanology**, 35, n.3, p. 579-590. 1971.

WALKER, G.P.L.; CROASDALE, R. Characteristics of some basaltic pyroclastics. **Bulletin Volcanologique**, v.35, n.2, p.303-3017. 1971.

WALTER, T.R.; TROLL, V.R. Formation of caldera periphery faults: an experimental study. **Bulletin of Volcanology**, v.63, n.2 p.191-203. DOI | 0.1007/s004450100135. 2001.

WALTER, T.R. Facilitating dike intrusions into ring-faults. In: GOTTSMANN J, JOAN MARTÍ (Eds) **Caldera volcanism: analysis, modelling and response**. Elsevier, 2008, Heidelberg, p 351-374. ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C de J. Tectônica e Sedimentação da Bacia Sedimentar do Paraná. In: Simpósio Sul.